

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11)特許番号

特許第3366818号

(P3366818)

(45)発行日 平成15年1月14日(2003.1.14)

(24)登録日 平成14年11月1日(2002.11.1)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G 0 1 F 1/684

F I

G 0 1 F 1/68

1 0 1 A

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-5292

(22)出願日 平成9年1月16日(1997.1.16)

(65)公開番号 特開平10-197309

(43)公開日 平成10年7月31日(1998.7.31)

審査請求日 平成13年2月27日(2001.2.27)

(73)特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 山田 雅通

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社 日立製作所 日立研究所内

(74)代理人 100074631

弁理士 高田 幸彦 (外1名)

審査官 鈴野 茂

(56)参考文献 特開 昭61-239119 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G01F 1/68 - 1/699

(54)【発明の名称】 熱式空気流量計

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている基板と、前記発熱抵抗体を駆動制御して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記外部回路を前記基板より前記吸気通路の端側位置にして両者を支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記外部回路と前記発熱抵抗体の間の前記基板に前記空気と熱絶縁して形成され、前記基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項2】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている基板

と、前記発熱抵抗体を駆動制御して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記外部回路を前記基板より前記吸気通路の端側位置にして両者を支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記外部回路と前記発熱抵抗体の間における前記支持体からの前記基板の熱伝導経路位置に前記空気と熱絶縁して形成され、前記基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項3】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている基板と、前記発熱抵抗体を駆動制御して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を

形成する外部回路と、前記基板の一方端に設けられ、前記外部回路と接続される複数の電極端子と、前記外部回路を前記基板より前記吸気通路の端側位置にすると共に前記基板の一方端を前記外部回路に隣接させて両者を支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記電極端子と前記発熱抵抗体の間の前記基板に前記空気と接触しないように形成され、前記基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項4】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている基板と、前記発熱抵抗体を駆動制御して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記吸気通路内に設けられている副通路と、前記基板を前記副通路内に位置させ、前記外部回路を前記基板より前記吸気通路の端側位置にして両者を支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記外部回路と前記発熱抵抗体の間の前記基板に前記空気と熱絶縁して形成され、前記基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項5】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている基板と、前記発熱抵抗体を駆動制御して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記基板の一方端に設けられ、前記外部回路と接続される複数の電極端子と、前記吸気通路内に設けられている副通路と、前記基板を前記副通路内に位置させ、前記外部回路を前記基板より前記吸気通路の端側位置にすると共に前記基板の一方端を前記外部回路に隣接させて両者を支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記基板の前記電極端子と前記発熱抵抗体の間の位置に前記空気と熱絶縁して形成され、前記基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項6】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている矩形の半導体基板と、前記発熱抵抗体に電流供給して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記半導体基板の一方端に設けられ、前記外部回路と接続される複数の電極端子と、前記吸気通路内に設けられている副通路と、前記半導体基板を前記副通路内に位置させ、前記外部回路を前記半導体基板より前記吸気通路の端側位置にすると共に前記半導体基板の一方端を前記外部回路に隣接させて支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前

記半導体基板の前記電極端子と前記発熱抵抗体の間の位置に前記空気の熱影響を受けないように形成され、前記半導体基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項7】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成されている矩形の半導体基板と、前記発熱抵抗体に電流を供給して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記半導体基板の一方端に並設して設けられ、前記外部回路と接続される複数の電極端子と、前記半導体基板の前記発熱抵抗体が触れる前記空気の流線領域から外れた他方端に設けられている前記空気の温度を検出する空気温度センサと、前記吸気通路内に設けられている副通路と、前記半導体基板を前記副通路内に位置させ、前記外部回路を前記半導体基板より前記吸気通路の端側位置にすると共に前記半導体基板の一方端を前記外部回路に隣接させて支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記半導体基板の前記電極端子と前記発熱抵抗体の間の位置に前記空気の熱伝達影響を受けないように形成され、前記半導体基板の温度を検出する基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度と前記空気温度センサで検出した空気温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【請求項8】空気が通流する吸気通路に配設され、空気流量を計測するための金属薄膜の発熱抵抗体が形成されている矩形の半導体基板と、前記発熱抵抗体に電流を供給して前記空気流量を演算により求め、前記吸気通路に配設される信号処理回路を形成する外部回路と、前記半導体基板の一方端に並設して設けられ、前記外部回路と接続される複数の電極端子と、前記半導体基板の前記発熱抵抗体が触れる前記空気の流線領域から外れた他方端に設けられている前記空気の温度を検出する金属薄膜の空気温度センサと、前記吸気通路内に設けられている副通路と、前記半導体基板を前記副通路内に位置させ、前記外部回路を前記半導体基板より前記吸気通路の端側位置にすると共に前記半導体基板の一方端を前記外部回路に隣接させて支持し、吸気通路体に取付けられている支持体と、前記半導体基板の前記電極端子と前記発熱抵抗体の間の位置に前記空気の熱伝達影響を受けないように形成され、前記半導体基板の温度を検出する金属薄膜の基板温度センサとを備え、前記信号処理回路は前記基板温度センサで検出した基板温度と前記空気温度センサで検出した空気温度によって前記空気流量を補正するようにしたことを特徴とする熱式空気流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

**【発明の属する技術分野】**本発明は、熱式空気流量計用の測定素子及び熱式空気流量計に係り、特に、内燃機関の吸入空気量を測定するのに好適な熱式空気流量計に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**従来より自動車などの内燃機関の電子制御燃料噴射装置に設けられ吸入空気量を測定する空気流量計として、熱式のものが質量空気量を直接検知できることから主流となってきた。この中で、特に半導体マイクロマシニング技術により製造された熱式空気流量計及びその測定素子が、コストが低減でき且つ低電力で駆動することが出来ることから注目されてきた。このような従来の半導体基板を用いた熱式空気流量計としては、例えば、特開昭60-142268号公報に開示されているものがある。そして、上記公報に開示された技術は、製造コストの低減に重きを置いているものである。

**【0003】**

**【発明が解決しようとする課題】**したがって、上記従来技術では、吸入空気量の測定に際しての流量-温度特性に関して考慮されていない点があり、流量計測の精度が十分でないという課題が残っている。即ち、上記特開昭60-142268号公報に記載の従来技術の課題について図16を参照して説明する。図16は従来の熱式空気流量計用の測定素子の平面図であり、該公報に記載の第2図である。図において、1が熱式空気流量計用の測定素子で、シリコンなどの半導体基板を異方性エッチングにより形成した空洞22a, 22b, 22cを架橋する電気絶縁膜からなる2つの橋23a, 23bを有し、空気の流れの上流側が橋23a、下流側が橋23bとなっている。

**【0004】**2つの橋23a, 23bの間の開口した空洞22cを挟んで発熱抵抗体20を配置し、これらの橋23a, 23bには発熱抵抗体20の側部に各々測温抵抗体21a, 21bが配置され、更に、電気絶縁膜の空洞22aの上流側の一部に空気温度を測定する温度補償抵抗体4aを配設している。また、空洞22a, 22bおよび22cは、電気絶縁膜の開口部を利用して半導体基板を異方性エッチングすることから、電気絶縁膜の橋23a, 23b下で連続した一体の空洞となっている。この空気流量計では、温度補償抵抗体4aにより定められる空気温度よりも一定温度高い温度となるように発熱抵抗体20が加熱駆動される。空気流量は、空気の熱運動効果を利用して、流路の上流側の測温抵抗21aと下流側の測温抵抗21bとの間に生じる温度差から計測される。

**【0005】**このように構成された従来例では、空気温度としての吸気温度の変化に対しては温度補償抵抗体4aと発熱抵抗体20とでブリッジ回路を構成して吸気温度の補正をしているのみであり、空気の物性値である密

度、動粘性係数、熱伝導率等の温度変化に関しては考慮されておらず、十分な空気流量-空気温度特性が得られていないものである。さらにまた、自動車等の過酷な条件で使用される場合、内燃機関の温度上昇により熱式空気流量計の前記発熱抵抗体20、温度補償抵抗体4a及び測温抵抗体21a, 21bに熱が伝導し、該熱が計測精度に悪影響を与えることにも考慮されていないことから、満足のいく空気流量-基板温度特性が得られていないものもある。

**【0006】**従って、本発明の目的は、上記課題を解決して、流量計測精度に優れた熱式空気流量計を提供することにある。

**【0007】**

**【課題を解決するための手段】**上記目的を達成する熱式空気流量計用の測定素子の特徴は、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成された同じ基板上の、前記基板を支持した他の構成体の熱が伝わる熱伝導経路部位に温度センサを形成することにある。

**【0008】**また、他の特徴は、空気流量を計測するための発熱抵抗体を形成した同じ基板上の前記基板が他の構成体に支持されて伝わる熱の熱伝導経路部位に形成された温度センサと、前記発熱抵抗体が触れる空気の流線領域から外れた前記基板上に形成して前記空気の温度を検出する空気温度センサとを備えるところにある。

**【0009】**

**【0010】**本発明によれば、基板温度補正または空気温度補正を可能とするので、流量計測精度が向上する。

**【0011】**

**【発明の実施の形態】**以下、本発明の実施の形態について、図面を参照し説明する。図1は、本発明による熱式空気流量計に用いる測定素子を示す平面図である。図1の測定素子を第1の測定素子と称する。図2は、図1の測定素子のA-A'断面を示す図である。図1, 2において、測定素子1は、下面より異方性エッチングにより電気絶縁膜7aの境界面まで穿孔形成した空洞6を有するシリコン等の半導体基板2(以下、基板2)と、空洞6部位の電気絶縁膜7a上に形成された発熱抵抗体3と、空気温度を計測すると共に発熱抵抗体3とブリッジ回路を構成する温度補償抵抗体4aと、更に空気温度(即ち、吸気温度)を計測するために基板2の先端部に形成した空気温度センサとしての第2温度センサ4bと、一般的には基板の支持部にあって測定素子1の空気流量信号を外部回路と接続するための端子電極8(端子電極群8a~8h)と、基板2の他の構成体に支持される部位としての支持部2aの基板温度(または支持部温度)を計測するために発熱抵抗体3と端子電極8との間に形成した基板温度センサとしての第1温度センサ5と、各抵抗体を保護するための電気絶縁膜7bとを含み構成される。

**【0012】**このような構成において、発熱抵抗体3に

は、空気流9の流路先端に配置された温度補償抵抗体4aの温度より一定温度高くなるように加熱電流が流されている。空気流量は、空気流9による発熱抵抗体3の強制冷却による熱伝達効果に基づき、発熱抵抗体3に流れる加熱電流値から計測される。また、空洞6および発熱抵抗体3近傍の電気絶縁膜7は、発熱抵抗体3から基板2に至る熱の熱絶縁を図り、計測精度を確保するために形成される。

【0013】そして、温度補償抵抗体4aおよび第2温度センサ4bは、図1に示す様に、基板2の先端の空気流9の流路に突き出た位置に配置されている。この理由は、空気流9が順流または逆流のいずれの場合においても発熱抵抗体3に加熱された空気流の影響を受けないようにするからである。また、第2温度センサ4bも基板2の先端部に形成されているのは、即ち、発熱抵抗体3が触れる空気の流線領域から外れた基板2上に第2温度センサ4bが形成されているのは、発熱抵抗体3の熱の影響を回避して、所望する空気の温度を正しく検出するようとするためであり、正しく検出した空気温度で補正して、精度の高い空気流量の計測を可能とするものである。

【0014】図3は、本発明による実施例の熱式空気流量計を示す断面図である。すなわち、図1の測定素子1を熱式空気流量計に実装した実施例を示す図である。例えば、自動車等の内燃機関の吸気通路に実装し吸入空気(吸気と呼称する)の流量を計測する熱式空気流量計の実施例を示す断面図である。本実施例の熱式空気流量計は、図のように、測定素子1と支持体12と外部回路13とを含み構成される。そして、吸気通路10の内部にある副通路11に測定素子1が配置される。外部回路13は支持体12を介して測定素子1の端子電極8と電気的に接続されている。ここで、通常では吸入空気は空気流9で示された矢印の方向に流れしており、内燃機関の所定条件によって空気流9とは逆の方向(逆流)に吸入空気が流れる場合がある。

【0015】図4は、図3の測定素子部を示す拡大図である。即ち、図3の測定素子1および支持体12の拡大図である。図5は、図4の測定素子部のB-B'断面を示す図である。図4および図5に見るように、測定素子1は、温度補償抵抗体4a及び第2温度センサ4bの表裏面が空気流9に直接晒されるようにして基板2の支持部2aにおいて、支持体12に支持される。更に、アルミナ等の電気絶縁基板上に端子電極14及び信号処理回路(後述する駆動回路や制御回路など)を形成してなる外部回路13が、同じく支持体12に固定される。

【0016】測定素子1と外部回路13とは、即ち、端子電極8と端子電極14とは、金線15のワイヤボンディングを介して電気的に接続される。その後、金線15、電極端子8、14および外部回路13と共に第1温度センサ5は、第1温度センサ5が支持部2aの基板温

度を空気流9の影響を受けずに正しく計測するために空気との直接接触を回避するようにして、保護体12aによって密封保護される。即ち、第1温度センサ5の空気からの熱伝達の影響による温度計測のバラツキを回避するものである。

【0017】ところで、実装された測定素子1は、図4、5に見るように、空洞6は下面が蓋板12b(支持体12と一体または分離したもの)により、上面が電気絶縁膜7aにより、空気流9に対して完全に隔離されている。従って、上記した従来例のように空洞が空気流に開口部を持たないことから、自動車等の内燃機関の空気流量を計測する際に問題となる塵埃等が、空洞あるいは開口部に蓄積することがなく信頼性の高い計測が可能となる構成となっている。

【0018】次に、図6、図7、図8、図9および図10を参照し、本発明の実施例の動作について説明する。まず、各図面について説明する。図6は、本発明による熱式空気流量計を示すブロック構成図である。熱式空気流量計24は、図1に示した測定素子1と、外部回路13とを含み構成される。そして、外部回路13は、測定素子1に電流を供給し空気流量信号を検出するための駆動回路13aと、測定素子1からの空気流量信号をA/D変換器を通して入力する入力回路と空気流量信号を演算処理するCPUと出力のための出力回路とから構成される制御回路13bと、第1温度センサ5から検出される基板温度(例えば、支持部温度)または/および第2温度センサ4bから検出される空気温度(例えば、吸気温度)に基づいて計測した空気流量(または空気流量信号)を補正するための補正データが予め記憶されているメモリ13cとからなっている。

【0019】図7は、図1の第1の測定素子1を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路を示す図である。発熱抵抗体3と温度補償抵抗体4aと駆動回路13a(の一部)とから構成する流量計測のプリッジ回路を示したものである。そして、駆動回路13a(の一部)は、差動増幅器16と、トランジスタ17と、電源18と、抵抗19a、19bとを含み構成する。図8は、図1の第1の測定素子1を用いた熱式空気流量計の温度計測電気回路を示す図である。第1温度センサ5と第2温度センサ4bと駆動回路13a(の一部)とからなる計測回路を示したものである。

【0020】図9は、図1の測定素子を用いた熱式空気流量計の測定素子部と、該測定素子部のB-B'線上の温度分布とを示す図である。すなわち、測定素子1と外部回路13および支持体12における温度分布を示した説明図である。図10は、本発明による一実施例の基板温度補正及び空気温度補正を示す図である。即ち、熱式空気流量計24の空気流量-支持部温度特性(図10a)および空気流量-吸気温度特性(図10b)を示したものである。

【0021】次ぎに動作について説明する。空気流量は以下の様に計測される。図7に示すブリッジ回路において、測定素子1の中心部に位置する発熱抵抗体3の温度(抵抗値)が空気温度に対応する温度補償抵抗体4aの温度(抵抗値)よりある一定値(例えば150°C)高くなるよう各抵抗19a、19bの抵抗値が設定される。発熱抵抗体3の温度が、設定値より低い場合にはブリッジ回路の中点の電位AとB間に差が生じ、差動増幅器16の出力Cによりトランジスタ17がオンし、発熱抵抗体3に加熱電流が流れる。発熱抵抗体3の温度が設定値に達すると、差動増幅器16の出力Cにより、トランジスタ17がオフし加熱電流が遮断される。このように、発熱抵抗体3の温度が設定値に一定になるようにフィードバック制御されており、空気流量の増大に伴い増加する加熱電流をブリッジ回路のA点の電位が空気流量信号として、制御回路13bに出力される。

【0022】一方、吸気温度(空気温度)及び支持部温度(基板温度)の計測は、図8に示す様に、測定素子1の先端に形成した第2温度センサ4b及び発熱抵抗体3と端子電極8間に形成した第1温度センサ5に基準電圧( $V_{ref}$ )を印加し、各温度センサの端子電圧D、Eの電圧信号を空気温度( $T_a$ )及び基板温度( $T_w$ )の温度信号として制御回路13bに出力して行われる。

【0023】本実施例では、第2温度センサ4b、第1温度センサ5には発熱抵抗体3および温度補償抵抗体4aと同じ白金等の金属薄膜を用いており、温度と電気抵抗が比例することから、図8のD、E点の第2温度センサ4b、第1温度センサ5の端子電圧から温度を計測することができるものである。図8の回路例では、基準電圧( $V_{ref}$ )を用いたが、当然のことながら定電流源を用いても温度計測は可能である。また、本実施例では、上記の様に発熱抵抗体3および温度補償抵抗体4aと同じ白金等の金属薄膜を用いたが、第2温度センサ4b、第1温度センサ5としてサーミスタ、ダイオード及トランジスタ等の半導体温度センサを用いても温度計測は可能である。換言すれば、本実施例では、製作上の利点から、第2温度センサ4b、第1温度センサ5を、発熱抵抗体3および温度補償抵抗体4aと同種の(白金等の同じ材質でかつ同じ工程で薄膜形成した)抵抗体センサ形態の構成としたが、温度検出の感度上の利点から、サーミスタ、ダイオードまたはトランジスタなどと同じ材質や同じ工程等で形成した同種の半導体センサ形態の構成としても可である。

【0024】ところで、自動車等の内燃機関では、内燃機関の熱により図3に示す吸気通路10および支持体12の温度が上昇し、この熱が測定素子1に伝わり空気流量の計測に誤差を生じさせ温度特性を悪くすることがある。このように測定素子1を支持する支持体12が温度上昇した時の、支持体12、外部回路13および測定素子1の温度分布状態を図9に示した。図9では、支持体

12のB-B'線上の温度分布を示している。図に示すように、内燃機関の熱が支持体12から外部回路13へ、更に、測定素子1の端子電極8、第1温度センサ5、発熱抵抗体3、温度補償抵抗体4a、第2温度センサ4bなどへ伝搬している。このため、空気流量を計測する発熱抵抗体3および温度補償抵抗体4aに不要な熱が伝搬し、空気流量の計測精度に悪影響を与える。

【0025】また、外部回路13自身の発熱も加わり、同様に不要な熱伝搬がおきて計測精度に悪影響を与えることがある。この影響を考慮するものが空気流量-基板温度特性であり、本発明では発熱抵抗体3と端子電極8間に第1温度センサ5を形成した測定素子1を用いて、空気流量の基板温度補正を行うことにより上記特性を改善している。すなわち、本実施例では、図1に示すように基板2の支持部2aとしての端子電極8と発熱抵抗体3との間に、または基板2の支持部2aに、または発熱抵抗体3の近傍に(測定素子1の構造によっては温度補償抵抗体4aの近傍に)、第1温度センサ5を形成し、該第1温度センサ5からの検出温度と空気流量-基板温度特性とを利用して、空気流量を補正するものである。

【0026】換言すれば、空気流量を計測するための発熱抵抗体が形成された同じ基板上における不要な熱伝搬の影響が空気流量の計測に与える値を検知することができる部位、即ち、測定素子自体が他の構成体に取付けられたときに該他の構成体からの伝導熱の上記発熱抵抗体への影響を表わす因子としての温度、即ち、「代表温度」(換言すれば、基板が他の構成体に支持されたときに伝わる熱によって発生する発熱抵抗体への影響が現われる代表因子としての温度)を検出するに好適な熱伝導経路部位としての、(1)支持部2a(測定素子が他の構成体に取付けられたときに支持される部位)に、または、(2)該支持部と発熱抵抗体との間の部位に、または、(3)発熱抵抗体の近傍部位に、代表温度(例えば、基板温度や支持部温度などと呼称する温度)を検出する基板温度センサとしての第1温度センサ5を形成し、該第1温度センサ5からの検出温度を用いて、空気流量の補正を行うことにより流量計測の精度改善を図るものである。上記の部位であれば、外乱に影響されずに適正に容易に代表温度を検出することができると言える。

【0027】なお、空気流量の計測に関して、不要な熱伝搬の影響を受けるものとしては、発熱抵抗体以外に温度補償抵抗体や後述する測温抵抗体などがある。従つて、発熱抵抗体の代わりに温度補償抵抗体や測温抵抗体等に置き換えても可であると言える。しかしながら、これらのうちの流量計測の主体を成す発熱抵抗体が最も望ましいと言える。

【0028】そして、図10(a)は、空気流量-基板温度特性を示したものである。図中、横軸が空気流量( $Q$ )で縦軸が基板温度( $T_w$ )が25°Cを基準とした空気流量の計測誤差( $\Delta Q/Q$ )を示している。従来技術の基板温

度補正をしない場合であれば基板温度( $T_w$ )が80°Cのときには、特に低流量側において誤差が10%程度発生している。これに対し本発明の構成では、先に示したように第1温度センサ5を発熱抵抗体3と端子電極8間に形成した測定素子1を用いて、基板温度( $T_w$ )が計測可能であり、一方、制御回路13bには測定素子1の発熱抵抗体3で計測された空気流量(Q)が入力されているので、図10(a)に示した空気流量—基板温度特性から作成し予め記憶した補正データをメモリ13cから呼び出して、制御回路13bのCPUにて演算処理することにより、空気流量の基板温度補正(または、支持部温度補正)が可能となる。

【0029】本発明の基板温度補正を適用した場合、図10(a)の矢印で示したようにほぼ流量誤差を零とする(基板温度が25°Cの基準に合わせる)ことができる。

なお、上記メモリ13cに、個々の熱式空気流量計毎に固有の空気流量—基板温度特性を予め記憶して置いて、基板温度補正することが可能である。この場合に、計測空気流量(Q)と基板温度( $T_w$ )と補正值とをマップとして記憶しても、また、近似的な誤差関数として記憶しても可である。

【0030】次に、空気温度補正(または、吸気温度補正)について説明する。前述のように従来技術の空気温度としての吸気温度に関する補正では、空気温度の変化に対しては温度補償抵抗体4aと発熱抵抗体3とでブリッジ回路を構成して空気温度の補正をしているのみであり、空気の物性値である密度、動粘性係数、熱伝導率等の温度変化に関しては考慮されておらず十分な空気流量—空気温度特性が得られていなかった。

【0031】図10(b)において、従来技術の空気温度補正を行っていないブリッジ回路構成の場合の空気流量—空気温度特性を実線で示した。横軸が空気流量(Q)で縦軸が空気温度( $T_a$ )が25°C基準の計測誤差( $\Delta Q/Q$ )である。図において、空気温度( $T_a$ )が低温(-30°C)では、空気流量が低流量域ではマイナス誤差で高流量域ではプラス誤差となり、一方高温(80°C)では、低温の場合の逆傾向の誤差になる。これに対し本発明の構成によれば、第2温度センサ4bから空気温度( $T_a$ )が計測可能であり、一方、制御回路13bには測定素子1の発熱抵抗体3で計測された空気流量(Q)が入力されているので、図10(b)に示した空気流量—空気温度特性から作成し、予め記憶した補正データをメモリ13cから呼び出して、制御回路13bのCPUにて演算処理することにより、空気流量の空気温度補正が可能となる。

【0032】本発明の空気温度補正を適用した場合、図10(b)の矢印で示したようにほぼ流量誤差を零とする(空気温度が25°Cの基準に合わせる)ことができる。なお、メモリ13cに、個々の熱式空気流量計毎に固有の空気流量—空気温度特性を予め記憶して置いて、空気温度補正することが可能である。この場合に、計測空気流

量(Q)と、空気温度( $T_a$ )と、補正值とをマップとして記憶しても、また、近似的な誤差関数として記憶しても可である。さらに、本実施例では、空気温度( $T_a$ )の計測に専用の第2温度センサ4bを用いたが、場合によっては第2温度センサ4bを用いずに温度補償抵抗体4aの抵抗値の変化から、空気温度( $T_a$ )を制御回路13bのCPUにて演算処理して計測することも可である。

【0033】次に、本発明による他の測定素子(第2の測定素子)を用いた熱式空気流量計について説明する。図11は、本発明による第2の測定素子を示す平面図である。図12は、図11の第2の測定素子を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路(その1)を示す図である。即ち、発熱抵抗体20および温度補償抵抗体4aのブリッジ回路からなる駆動回路である。図13は、図11の第2の測定素子を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路(その2)を示す図である。即ち、発熱抵抗体20の上下流に配置された測温抵抗体21a、21bと駆動回路13aとのブリッジ回路からなる測温出力回路である。

【0034】図11の第2の測定素子が図1の第1の測定素子と異なる点は、図1の第1の測定素子が発熱抵抗体3に流れる加熱電流を空気流量信号とした直熱型方式であったのに対して、図11の第2の測定素子は発熱抵抗体20の上下流に配置された測温抵抗体21aと21bとの温度差から流量および流れ方向を出力するもので、図16に示した従来例と同じ温度差検知型方式である点である。

【0035】この方式の空気流量計測の動作は、図12に示すブリッジ回路により発熱抵抗体20が温度補償抵抗体4aの温度より一定温度高くなるように設定され、図13に示した発熱抵抗体20の上下流に配置された測温抵抗体21a、21bのブリッジ回路のF、G点の電位差(温度差に対応)を差動増幅器16aにより増幅しH点より流れ方向信号(H点電圧の符号に対応)と空気流量信号(H点電圧の絶対値に対応)とを制御回路13bに出力するものである。

【0036】上記構成の第2の測定素子は流量検出方式が図1の第1の測定素子と異なっているが、測定素子1上に第1温度センサ5および第2温度センサ4bが第1の測定素子と同じように形成されて、基板温度( $T_w$ )および空気温度( $T_a$ )が制御回路13bに入力されることから、第2の測定素子1の空気流量—基板温度特性及び空気流量—空気温度特性から作成した補正データをメモリ13cに予め記憶しておくことにより、第1の測定素子と同じく基板温度補正および空気温度補正が可能である。

【0037】更に、本発明による他の測定素子(第3の測定素子)を用いた熱式空気流量計について説明する。図14は、本発明による他の測定素子(第3の測定素子)を示す平面図である。図15は、図14の第3の測

定素子を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路を示す図である。すなわち、発熱抵抗体 2 0、温度補償抵抗体 4 a および測温抵抗体 2 1 a からなる駆動回路である。図 1 4 の第 3 の測定素子が図 1 の第 1 の測定素子と異なる点は、図 1 の第 1 の測定素子が、発熱抵抗体 3 自身で加熱、温度検知する直熱型方式であったのに対して、図 1 4 の第 3 の測定素子は、発熱抵抗体 2 0 の近傍に配置された測温抵抗体 2 1 a により発熱抵抗体 2 0 の温度を検知する傍熱型方式である点である。

【0038】この方式の空気流量計測の動作は、図 1 5 に示すブリッジ回路において発熱抵抗体 2 0 により傍熱された測温抵抗体 2 1 a が温度補償抵抗体 4 a の温度より一定温度高くなるように設定され、この時に加熱抵抗体 2 0 の流れる加熱電流に対応する 1 点の電位が空気流量信号になり制御回路 1 3 b へ出力される。

【0039】上記図 1 4 の第 3 の測定素子は、流量検出方式が図 1 の第 1 の測定素子と異なっているが、測定素子 1 上に第 1 温度センサ 5 および第 2 温度センサ 4 b が図 1 の第 1 の測定素子と同じように形成されており、基板温度( $T_w$ )および空気温度( $T_a$ )が制御回路 1 3 b に入力されるので、図 1 4 の第 3 の測定素子の空気流量ー空気温度特性及び空気流量ー基板温度特性に関連した補正データをメモリ 1 3 c に予め記憶しておくことにより、図 1 の第 1 の測定素子と同じく空気温度補正および基板温度補正が可能である。

【0040】以上、本発明の測定素子として 3 つの例について説明したが、空気流量の検知方式が上記以外の方法であっても、少なくとも発熱抵抗体 5 及び温度補償抵抗体 4 a を有する検知方式であれば、発熱抵抗体 3 と端子電極 8 間に形成する第 1 温度センサ 5 からの基板温度( $T_w$ )と、第 2 温度センサ 4 b (または、温度補償抵抗体 4 a)からの空気温度( $T_a$ )とを制御回路 1 3 b に入力して、且つ、対象とする測定素子 1 の空気流量ー空気温度特性または/および基板温度特性に関して予め記憶した補正データをメモリ 1 3 c から呼び出して、図 1 の第 1 の測定素子と同じように空気温度補正または/および基板温度補正が可能である。また、本実施例では制御回路 1 3 b とメモリ 1 3 c とが分離された構成となっているが、制御回路 1 3 b にメモリ 1 3 c を内蔵した構成でも本発明の効果に変わりがない。

【0041】次に、本発明の熱式空気流量計用の測定素子の具体例について、図 1、2 を参照して説明する。まず、シリコン半導体から成る基板 2 上に電気絶縁膜 7 a として二酸化ケイ素、窒化ケイ素等を約 0.5 ミクロンの厚さで、熱酸化あるいは CVD 等の方法で形成する、更に、抵抗体群としての発熱抵抗体 3、温度補償抵抗体 4 a、第 2 温度センサ 4 b、第 1 温度センサ 5 としての白金を、同じ基板 2 上に約 0.2 ミクロンの厚さで、スパッタ等の方法で形成した後に、公知のホトリソグラフィ技術により、レジストを所定の形状に形成し、その後、イオンミリング等の方法により、白金をパターニングする。

【0042】次に、端子電極 8 を金メッキ等で形成した後、端子電極 8 以外の部分を保護膜として電気絶縁体 7 b を前述と同様に約 0.5 ミクロンの厚さに形成する。

最後に、シリコン基板 2 の裏面よりニ酸化ケイ素等をマスク材として、異方性エッチングすることにより空洞 6 を形成し、チップに切断することにより測定素子 1 が得られる。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、半導体基板 2 上に電気絶縁膜 7 を介して少なくも発熱抵抗体 3 及び温度補償抵抗体 4 a と、発熱抵抗体 3 と端子電極 8 間に第 1 温度センサ 5 を形成した測定素子 1 と、電流を供給するための駆動回路 1 3 a と測定素子 1 の信号を演算処理し出力する制御回路 1 3 b と、第 1 温度センサ 5 と第 2 温度センサ 4 b (または温度補償抵抗体 4 a)とから検出される基板温度及び空気温度から温度補正するための補正データが予め記憶されているメモリ 1 3 c とから構成したことにより、空気流量の基板温度または空気温度補正が確実に実現でき測定精度の優れた熱式空気流量計用の測定素子及び熱式空気流量計が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による測定素子の一例を示す平面図である。

【図 2】図 1 の測定素子の A-A' 断面を示す図である。

【図 3】本発明の一実施例の熱式空気流量計を示す断面図である。

【図 4】図 3 の測定素子部を示す拡大図である。

【図 5】図 4 の測定素子部の B-B' 断面を示す図である。

【図 6】本発明による熱式空気流量計を示すブロック構成図である。

【図 7】図 1 の測定素子を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路を示す図である。

【図 8】図 1 の測定素子を用いた熱式空気流量計の温度計測電気回路を示す図である。

【図 9】図 1 の測定素子を用いた熱式空気流量計の測定素子部と、該測定素子部の B-B' 線上の温度分布とを示す図である。

【図 10】本発明による一実施例の基板温度補正及び空気温度補正を示す図である。

【図 11】本発明による他の測定素子を示す平面図である。

【図 12】図 1 1 の測定素子を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路(その 1)を示す図である。

【図 13】図 1 1 の測定素子を用いた熱式空気流量計の流量計測電気回路(その 2)を示す図である。

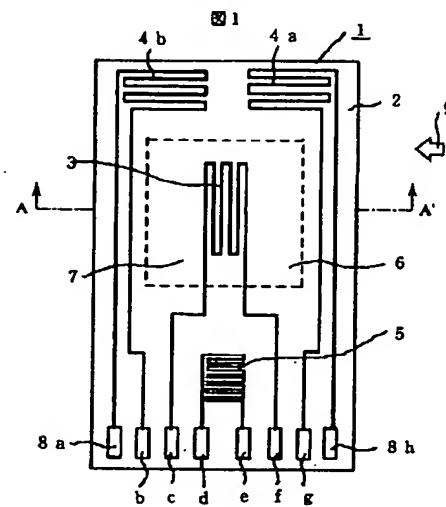
【図 14】本発明による他の測定素子を示す平面図であ

る。

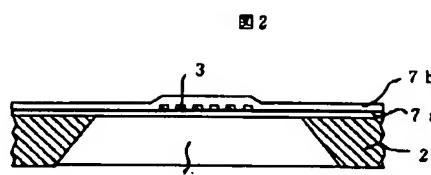
【図15】図14の測定素子を用いた熱式空気流量計の  
流量計測電気回路を示す図である。

【図16】従来の熱式空気流量計用の測定素子の平面図  
である。

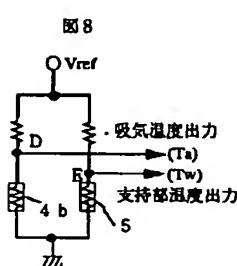
【図1】



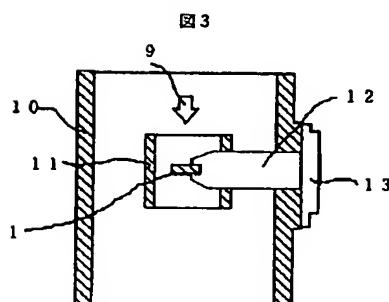
【図2】



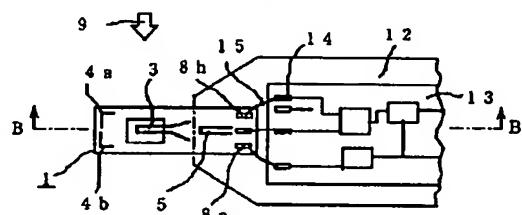
【図8】



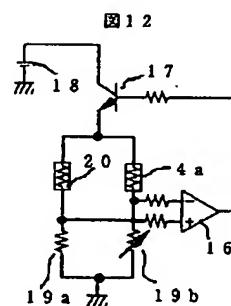
【図3】



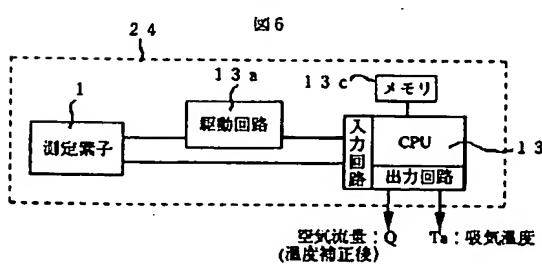
【図4】



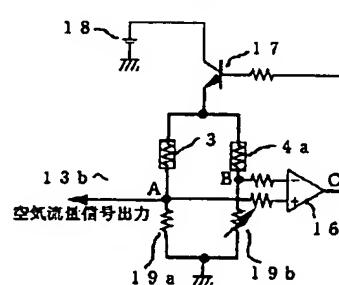
【図12】



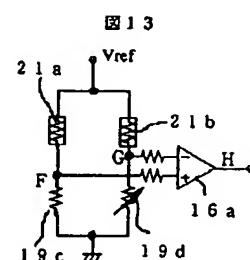
【図6】



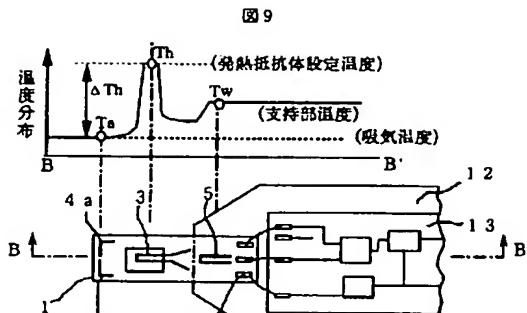
【図7】



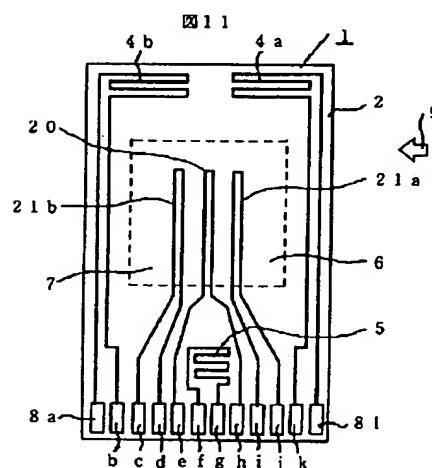
【図13】



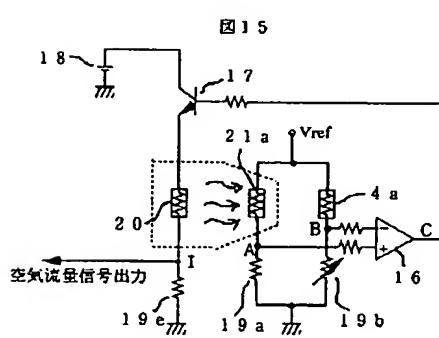
【図9】



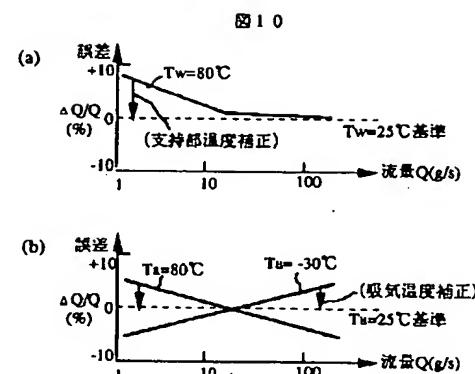
【図11】



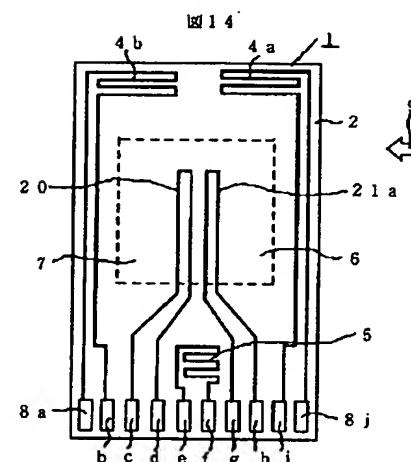
【図15】



【図10】



【図14】



【図16】

